

8. Пожарная безопасность спорт. комплексов. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.npopuls.ru/articles/nauchnye-statii/pozharnaya-bezopasnost-sportivnykh-kompleksov/> / (дата обращения 20.12.19).
9. Пожарная безопасность спорт. объектов. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://archi.ru/tech/73630/pozharnaya-bezopasnost-sportivnykh-obyektov/> (дата обращения 20.12.19).
10. Защита от пожаров. [Электронный ресурс.] Режим доступа: http://zvt.abok.ru/articles/403/Zachshita_ot_pozharov_sovremennih_sportivnih_obektov/ (дата обращения 20.12.19).

БЕЗОПАСНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Е.С. Люкию, студент группы 1Е61

*Томский политехнический университет, Инженерная школа неразрушающего
контроля и безопасности, отделение контроля и диагностики
634050, г. Томск пр. Ленина 30
E-mail: lenysya_1303@mail.ru*

Аннотация: Статья посвящена рассмотрению процесса безопасной эксплуатации трансформаторных подстанций. Описаны наиболее частые причины возникновения аварий на комплектных трансформаторных подстанциях (КТП). Приведён сравнительный анализ оценки аварии в Российской Федерации и в странах Европы.

Abstract: The article is devoted to the process of safe operation of transformer substations. The most frequent causes of accidents at complete transformer substations are described. A comparative analysis of the accident assessment in the Russian Federation and in European countries is given.

Потеря электроэнергии является серьезной проблемой для мира. Передача электроэнергии на большие расстояния от места ее производства до места потребления требует в современных условиях повышения или понижающих трансформаторов. Ежегодное потребление в России электроэнергии находится на уровне 1000 млрд. кВт·ч, при этом общие потери электроэнергии в распределительных трансформаторах оцениваются в 75 млрд. кВт·ч [1].

В России в настоящее время основными источниками электроэнергии являются атомные электростанции, гидроэлектростанции и тепловые электростанции. Более половины электроэнергии вырабатывается тепловыми электростанциями. Чаще всего такие электростанции расположены в местах производства топлива. Города также могут использовать теплоэлектростанции, которые обеспечивают город не только электричеством, но и горячей водой и теплом.

Электричество от электрических шин и кабелей поступает в электрическую часть электростанции. После преобразования энергии электричество подается в высоковольтную линию электропередачи. Линии электропередач, предназначенные для транспортировки электроэнергии на большие расстояния, должны иметь большую пропускную способность, низкие потери и состоять из проводов, опор, крепежа, кабелей молниезащиты, а также вспомогательных устройств. Для дальнейшего распределения электроэнергии распределительные подстанции подключаются к основным линиям высокого напряжения, которые, в свою очередь, распределяют электроэнергию на понижающие подстанции. При распределении электроэнергии от подстанции до комплектной трансформаторной подстанции (КТП) можно использовать 2 типа кабелей:

1. воздушный;
2. подземный.

От понижающей подстанции вдоль линий электропередачи энергия распределяется между трансформаторными подстанциями. Комплектные трансформаторные подстанции снижают напряжение переменного тока на частоте 50 Гц и предназначены для подачи электроэнергии в частные дома, отдельные города или небольшие промышленные объекты. От трансформаторной подстанции электричество передается по выбранным проводам в распределительные пункты, расположенные в специально отведенных для этого помещениях (распределительных щитах). От щитов электричество подается на счетчик квартиры.

Трансформаторная подстанция – электрическая подстанция, предназначенная для преобразования электрической энергии одного напряжения в энергию другого напряжения с помощью трансформаторов.

Комплектная трансформаторная подстанция (КТП) – подстанция, состоящая из шкафов или блоков со встроенным в них трансформатором и другим оборудованием распределительного устройства, поставляемая в собранном или подготовленном для сборки виде [2].

Комплектная трансформаторная подстанция включает в себя:

- силовой трансформатор (используется для преобразования в систему переменного тока);
- распределительное устройство (электроустановка);
- автоматическое управление для обеспечения постоянной поддержки текущей частоты на требуемом уровне;
- специальное защитное устройство;
- вспомогательные средства.

Данные о использовании комплектных трансформаторных подстанций также необходимы при оценке общей надежности электроэнергетической системы, включая исследования безопасности электроснабжения. Кроме того, международные стандарты, применимые к высоковольтному оборудованию, совершенствуются на основе опыта обслуживания и данных о надежности [3].

Для комплектной трансформаторной подстанции более вероятной причиной возникновения аварии является повреждение, вызванное, например, коротким замыканием, ударом молнии или переходными процессами, особенно когда трансформаторы имеют конструкционные или производственные недостатки.

На трансформаторных подстанциях также могут возникать чрезвычайные ситуации разного характера, что может привести к взрыву или пожару, а также к потере электроэнергии.

Взрыв трансформатора может происходить по разным причинам. Одной из наиболее распространенных является удар молнии, который может вызвать перегрузку трансформатора. Повреждение проводов или оборудования в других местах электрической сети также может привести к попаданию большого количества электричества в трансформатор, что приведет к его взрыву. Трансформаторы содержат защитные цепи, предназначенные для отключения системы в случае скачков напряжения, но эти защитные устройства срабатывают до 60 миллисекунд и могут быть недостаточно быстрыми, чтобы предотвратить взрыв трансформатора. Кроме того, износ и коррозия со временем могут ослабить изоляцию провода или других компонентов трансформатора, увеличивая вероятность выхода из строя.

Независимо от того, происходит ли это из-за коррозии изоляции или удара молнии, результат будет негативным. Избыточная или изношенная проводка создает тепло и искру, которых достаточно, чтобы воспламенить минеральное масло, сохраняющее трансформатор охлажденным. Когда минеральное масло начинает гореть, оно создает огромное избыточное давление внутри герметичного трансформатора, что в конечном итоге приводит к разрыву сосуда с громким взрывом и потоком искр и пламени.

Когда взрывается трансформатор, он прерывает электроснабжение жилых домов или предприятий, подключенных к нему. Электрические сервисные бригады должны заменить разрушенное оборудование, сначала отключив входящую электрическую линию, чтобы предотвратить дальнейшее повреждение. В зависимости от уровня повреждения, сервисным работникам может потребоваться временно отключить другие электрические службы в непосредственной близости, чтобы предотвратить нагрузку на электрическую сеть при замене разрушенного трансформатора.

Причинами аварий на КТП могут быть ошибки персонала (технологические нарушения могут возникнуть из-за человеческого фактора), некачественный ремонт на КТП (слабые контакты проводов или заводские дефекты); неисправность системы защиты трансформаторной подстанции, неправильное заземление, а также перенапряжение в сети.

В силовых трансформаторах также используются минеральные масла. Хотя вероятность взрывного сбоя не незначительна. В случае взрыва в проходном изоляторе, в кабельной коробке или внутри маслонаполненного трансформатора, существует высокая вероятность того, что он превратится в серьезный или даже катастрофический пожар, что приведет к потере трансформатора и, возможно, других установок.

Сбои в заделке кабеля в кабельных коробках, заполненных воздухом или маслом, также приводят к высокому проценту возгорания трансформатора. Типичный сценарий с маслонаполненными кабельными коробками – это возникновение искрового разрыва на кабеле. Повышение давления от дуги взрывным образом разрывает кабельную коробку, воспламеняет масло в кабельной коробке, которое продолжается и нарастает, поскольку оно подпитывается разливом масла из расширителя или основного бака.

В Европе достаточно активно исследуется работоспособность и безопасность комплектных трансформаторных подстанций. Например, в статье [4] проведен анализ данных о неисправностях трансформаторов европейских подстанций с рабочим напряжением от 100 до 500 кВ.

В работе проведён анализ сбоев работы КТП 32 коммунальных предприятий Германии, Австрии, Швейцарии, Франции, Великобритании, Испании, Дании и Нидерландов на основе крупных отказов, произошедших между 2000 и 2010 годами в трансформаторах подстанций. Эту группу трансформаторов можно рассматривать как однородную по возрастному распределению, спецификации, условиям эксплуатации и технического обслуживания. В обзоре рассматриваются данные о неисправностях подстанции с рабочим напряжением от 100 до 500 кВ.

С помощью вопросника, разработанного рабочей группой, были проанализированы основные неисправности трансформаторов европейских подстанций. Повышение вероятности отказа после определенного срока эксплуатации не наблюдалось. Стратегии замены, в которых заменяются преимущественно старые трансформаторы, оказывают влияние на статистику отказов, так как трансформаторы не остаются в обслуживании после выхода из строя. Поскольку кривая опасности не увеличивается с течением времени, использование обслуживания на основе времени не будет эффективным для силовых трансформаторов. Поэтому техническое обслуживание должно планироваться в соответствии с фактическим состоянием. Отказы, связанные с обмоткой, по-видимому, являются основным источником серьезных отказов, и по сравнению с результатами опроса 1983 года наблюдалось значительное уменьшение отказов, связанных с устройством КТП. Сбои проходного изолятора в большинстве случаев ведут к серьезным последствиям, таким как взрыв или пожар.

Снижение риска возгорания трансформатора является многоступенчатым подходом. Первый этап направлен на минимизацию вероятности отказа трансформатора в пожаре. Следующим этапом является минимизация вероятности отказа трансформатора путем спецификации и выбора компонентов хорошего качества с низким риском возникновения пожара.

Список литературы:

1. Обзор состояния отрасли трансформаторного производства и тенденций развития конструкции силовых трансформаторов / С.С. Костинский. – г. Новочеркасск., 2018. – 19 с.
2. ГОСТ 24291-90. Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2005.
3. Life-cycle assessment of high-voltage as-sets using statistical tool/ L. Chmura. – PhD thesis Technical University Delft: ISBN 978-94-6182-396-0 – 2014.
4. Statistical Failure Analysis of European Substation Transformers [Electronic resource] / Farzaneh Vahidi, Stefan Tenbohlen // Conference: 6. ETG-Fachtagung Diagnostik elektrischer Betriebsmittel. – 2014.

ВЛИЯНИЕ ОСАЖДЕНИЯ УГЛЕРОДА ПРИ ПИРОЛИЗЕ УГЛЕВОДОРОДОВ НА СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ

*Соловьева Л.В., студентка группы ХТб-171, Ушакова Е.С., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя 28, тел: 8-923-616-16-36,
E-mail: Slilya.httt@mail.ru*

Аннотация: В статье рассмотрено влияние процесса осаждения углерода на поверхности углеродных сорбентов в результате пиролиза углеводородного газа пропана. При этом для упрочнения сорбента в их состав вводили минеральные присадки в количестве 4% от всей массы. Было выявлено, осаждение углерода значительно увеличивает прочность сорбента, в случае, если предварительно были введены минеральные присадки.

Abstract: The article considers the effect of carbon deposition on the surface of carbon sorbents as a result of pyrolysis of propane hydrocarbon gas. At the same time, to strengthen the sorbent, mineral additives in the amount of 4% of the total mass were introduced into their composition. It was found that carbon deposition significantly increases the strength of the sorbent, if mineral additives were previously introduced.

Природное состояние поверхностных вод в течение многих лет подвержено практически постоянному вредному воздействию промышленной и хозяйственной деятельности человека. Учитывая весь объём антропогенных нагрузок на многие речные водоёмы видно, что он значительно превышает способ-